

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/FI05/000066

International filing date: 01 February 2005 (01.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: FI  
Number: 20040154  
Filing date: 02 February 2004 (02.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 31 March 2005 (31.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

Helsinki 15.3.2005

ETUOIKEUSTODISTUS  
PRIORITY DOCUMENT



Hakija  
Applicant

ABB Oy  
Helsinki

Patenttihakemus nro  
Patent application no

20040154

Tekemispäivä  
Filing date

02.02.2004

Kansainvälinen luokka  
International class

H02H

Keksinnön nimitys  
Title of invention

"Terminen ylikuormitussuoja"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings, originally filed with the Finnish Patent Office.

Marketta Tehikoski  
Apulaistarkastaja

Maksu 50 €  
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1142/2004 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1142/2004 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite:	Arkadiankatu 6 A	Puhelin:	09 6939 500	Telefax:	09 6939 5328
	P.O.Box 1160	Telephone:	+ 358 9 6939 500	Telefax:	+ 358 9 6939 5328
	FI-00101 Helsinki, FINLAND				

## Terminen ylikuormitussuoja

### Keksinnön tausta

Keksintö liittyy termiseen ylikuormitussuojaukseen sähkölaitteiden ja erityisesti sähkömoottorien suojaamiseksi ylikuumentumiselta.

- 5 Sähkömoottoreita hyödynnetään monilla sovellusalueilla käyttämään erilaisia liikkuvia osia. Sähkömoottoriin liittyy usein ohjausyksikkö, joka säätää ja tarkkailee sähkömoottorin toimintaa, esimerkiksi pyörimisnopeutta.

- 10 Sähkömoottori voi toimia hetkellisesti myös ylikuormitettuna mutta jos ylikuumentuu kuormituksen jatkuessa, mikä voi johtaa moottorin vaurioitumiseen. Kriittisintä on staattorikäämityksen eristysten vaurioituminen ylikuumentumisen takia.

- 15 Sähkömoottorin suojaamiseksi termistä ylikuormitusta vastaan tunnetaan erilaisia ratkaisuja. Eräs tunnettu ratkaisu perustuu moottorivirran 1..3-vaiheiseen mittaamiseen ja moottorin lämpenemän mallintamiseen RC-sijaiskytkennällä. Vanhin ja yleisin tekninen toteutus on suoraan tai virtamuuntajan välityksellä pääpiiriin kytketty bi-metallirele (lämpörele).

- 20 Eräs tunnettu ratkaisu on moottorin sisälle tai yhteyteen sijoitettu terminen suojakytkin, joka tietyn lämpötilarajan jälkeen laukeaa (trip) ja keskeyttää virrankulun sähkömoottorin läpi. Kehittyneempi versio on elektroninen yksikkö, joka mittaa sähkömoottorin lämpötilaa lämpötila-antureilla ja laukaisee moottorin pois päältä. Tämä vaihtoehtoinen tapa perustuu suoraan lämpötilan detektointiin erillisin anturein. Ongelmana on vaikeus saada anturit oikeaa paikkaan. Tällainen suoja reagoi suhteellisen hitaasti.

- 25 Numeerisessa suojauksessa tietoa käsitellään numeerisessa muodossa eli digitaalisesti. Analoginen mittaustieto muutetaan A/D-muuntimella digitaaliseksi. Varsinainen mittaus- ja suojaustoimintojen toteutus tehdään mikroprosessorin avulla. Termien ylikuormitussuoja mittaa moottorin tai muun suojattavan kohteen (esim. kaapeli tai muuntaja) vaihevirtojen (kuormavirtojen) tehollisarvoja (rms) ja laskee lämpötilariippuvaisen toiminta-ajan. Tämä termi-
- 30 nen toiminta-aika voi olla standardin IEC 60255-8 mukainen:

$$t = \tau \ln \frac{i^2 - i_p^2}{i^2 - i_b^2}$$

missä

t = toiminta-aika

$\tau$  = aikavakio

$I_p$  = kuormavirta ennen kuin ylikuormitus tapahtuu

$I$  = kuormavirta

$I_b$  = toimintavirta (maksimi sallittu jatkuva virta)

5 Terminen aikavakio  $\tau$  on määritelty ajaksi, joka suojattavalta koh-  
teelta tarvitaan lämpötila  $\theta$ , joka on tietty osa (esim. 63%) steady-state-läm-  
pötilasta  $\theta_s$ , kun suojattavaa kohdetta syötetään vakiovirralla. Toimintavirta  $I_p$   
on suurin sallittu jatkuva virta, joka myös vastaa suurinta sallittua lämpötilaa eli  
steady-state-lämpötilaa  $\theta_s$ . Tämä suurin sallittu lämpötila on laukaisutaso (trip  
10 level). Vaihtoehtoisesti voidaan vaihevirroista laskea suojattavan kohteen ter-  
misen kuormituksen suhteellinen arvo täyteen (100%) termiseen kuormituk-  
seen nähden. Laukaisu tapahtuu, kun suhteellinen termien kuormitus saavut-  
taa 100% arvon.

Numeeriseen termiseen suojaukseen liittyy siten raskasta lasken-  
15 taa, joka vaatii tehokkaan prosessorin ja nopeita ja kalliita oheispiirejä, kuten  
muisteja. Tekniikan tason ratkaisuissa on käytetty tehokasta prosessoria, jossa  
on lisäksi sisäänrakennettu matematiikkaprosessori, liukulukuyksikön (Floating  
Point Unit, FPU) tai vastaavan yksikkö tosiaikaisen laskennan suorittamiseksi  
määritellyssä ajassa. On myös käytetty tehokasta prosessoria, jossa on kirjasto-  
20 funktioita, jotka emuloivat liukulukuyksikköä. On myös toteutuksia joissa algo-  
ritmi toteutettu ASIC piirein, jolloin niissä ei ohjelmoitavuutta jälkikäteen. Tällai-  
seen single purpose -piiriin ei siksi voi tehdä muutoksia vaan tarvitaan aina uu-  
si piiri, jos toimintaa halutaan muuttaa. On myös toteutuksia, joissa sekvenssi-  
nä mitataan/lasketaan virta - lasketaan lämpenemä - jälleen mitataan, jne. Täl-  
lainen toteutus ei takaa täysin reaaliaikaista suojausta (ei jatkuvaa mittausta),  
25 mutta sallii tehottomamman prosessorin.

### Keksinnön lyhyt selostus

Keksinnön tavoitteena on siten kehittää sähkölaitteiden termiseen  
suojaukseen menetelmä ja menetelmän toteuttava laite, joilla suojaukseen liit-  
30 tyvää laskentaa voidaan keventää ja prosessorien ja oheispiirien teknisiä vaa-  
timuksia alentaa. Keksinnön tavoite saavutetaan menetelmällä ja järjestelmäl-  
lä, joille on tunnusomaista se, mitä sanotaan itsenäisissä patenttivaatimuksis-  
sa. Keksinnön edulliset suoritusmuodot ovat epäitsenäisten patenttivaatimus-  
ten kohteena.

35 Keksintö perustuu siihen, että termisen kuormituksen laskeva ma-  
temaattinen yhtälö tai algoritmi operandeineen ohjelmoidaan X-bittiselle, edul-

lisesti  $X=32$ , kiinteän pilkun aritmetiikkaa käyttävälle prosessorijärjestelmälle sopivaksi siten, tulos tai välitulos eivät ohjelmaa prosessorijärjestelmässä ajettaessa koskaan ylitä  $X$ -bittistä arvoa. Mitattu virta skaalataan edullisesti yksikköarvoksi alueelle  $0 - Y$ , missä  $Y$  edustaa  $Y/100$  % nimellisvirrasta ja edullisesti  $Y=65000$ , jolloin laskenta on riippumaton todellisesta virta-alueesta.

Keksinnön ansiosta terminen kuormitus voidaan laskea vähemmän tehokkaalla prosessorilla ja vähemmällä muistilla, mikä puolestaan laskee laitteen tehonkulutusta, valmistuskustannuksia ja fyysistä kokoa. Laskenta voidaan toteuttaa yksinkertaisella ja siirrettävällä koodilla, joka ei vaadi matemaattikkaprosessoria tai matemaattisia kirjastoja. Kuitenkin terminen kuormitus voidaan laskea lähes 64-bitin liukulukulaskennan tarkkuudella, vaikka prosessori käyttäisi 32-bitin kiinteän pilkun aritmetiikkaa.

### Kuvioiden lyhyt selostus

Keksintöä selostetaan nyt lähemmin esimerkinomaisten suoritusmuotojen yhteydessä, viitaten oheisiin piirroksiin, joista:

Kuvio 1 on esimerkinomainen lohkokaavio, joka havainnollistaa keksinnön erään keksinnön erään suoritusmuodon mukaista ylikuormitussuojaa;

Kuvio 2 on esimerkinomainen signaalikaavio, joka havainnollistaa kuvion 1 laitteen toimintaa; ja

Kuvio 3 on esimerkinomainen vuokaavio, joka havainnollistaa kuvion 1 laitteen toimintaa.

### Keksinnön yksityiskohtainen selostus

Kuviossa 1 terminen ylikuormitussuoja on kytketty suojattavan sähkömoottorin  $M$  tai muun sähkölaitteen ja kolmivaiheisen verkkovirtasyötön  $L1$ ,  $L2$  ja  $L3$  väliin.  $S1$  on pääverkkokytkin, esimerkiksi manuaalisesti ohjattu, ja  $S2$  on ylikuormitussuojan ohjaama vapautuskytkin, jota ohjataan laukaisusignaalilla  $TRIP$ . Ylikuormitussuoja 1 mittaa moottorin  $M$  verkkovirtasyötön kunkin vaiheen  $L1$ ,  $L2$  ja  $L3$  kuormavirtaa virranmittausyksiköllä 10, joka perustuu esimerkiksi virtamuuntajiin. Lisäksi ylikuormitussuoja 1 voi käsittää mittausyksikön 11 vaihejännitteiden mittaamiseksi. Lisäksi ylikuormitussuoja 1 edullisesti käsittää käyttöliittymän eli ihminen-kone-rajapinnan  $HMI$  (Human-Machine-Interface) 12, johon liittyy näyttö 13 ja näppäimistö 14. Edelleen ylikuormitussuoja 1 voi käsittää tiedonsiirtoyksikön 15, joka on liitetty paikallisverkkoon (esim. Ethernet), väylään, kenttäväylään (Fieldbus, esim. Profibus DP) tai muuhun tiedonsiirtomediaan 17.

Keksinnön kannalta oleellisin toiminta liittyy suojaus- ja ohjausyksikköön 16. Ylikuormitussuoja 1 on toteutettu mikroprosessorijärjestelmällä, jolloin pääosa yllämainituista yksiköistä toteutetaan sopivilla mikroprosessorin ohjelmilla ja oheispiireillä, kuten muistipiireillä. Virta- ja jännitemittausyksiköiden

5 tuottamat mittausarvot muutetaan numeerisiksi eli digitaalisiksi arvoiksi digitaali-analogiamuuntimilla (A/D). Keksinnön perusperiaatteen mukaisesti mikroprosessorijärjestelmä käyttää kiinteän pilkun aritmetiikkaa, edullisesti 32-bittistä aritmetiikkaa. Sopiva prosessorityyppi on esimerkiksi 32-bit RISC käskykannan omaava yleiskäyttöinen prosessori, kuten ARM7/9 tai M68k-sarja.

10 On ymmärrettävä, että yllä esitetty rakenne on vain yksi esimerkki keksinnön toteuttavasta termisestä ylikuormitussuojasta.

Ylikuormitussuoja 1 suojaa moottoria M ylikuumenemiselta ja siitä aiheutuvilta vaurioilta. Suojaus perustuu moottorin termisen kuormituksen laskemiseen mitattujen vaihevirtojen perusteella. Seuraavaksi selitetään suojan

15 yleistä toimintaa kuvioden 2 ja 3 esimerkin avulla. Vaihejohtimet L1, L2 ja L3 kytketään moottorille M sulkemalla kytkimet S1 ja S2. Virranmittausyksikkö 10 mittaa vaiheiden virrat (vaihe 31, kuvio 3) ja ohjausyksikkö 16 laskee vaihevirtojen perusteella moottorin M termisen kuorman kiinteän pilkun aritmetiikalla (vaihe 32). Termisen kuormituksen laskemisessa käytetty matemaattinen yhtälö voi olla yhdelle vaiheelle seuraava:

20

$$\Theta_k = \Delta T * \frac{i^2}{C} + \left(1 - \frac{\Delta T}{R * C}\right) * \Theta_{k-1}$$

missä

$\Theta$  = termisen kuorma, edullisesti 0 to 200% vastaten edullisesti arvoaluetta 0-2,4

25  $\Delta T$  = termisen kuorman laskentaväli, edullisesti millisekunneissa

$R$  = sähkölaitteen jäähdytyskerroin, edullisesti 1...10

$C$  = trip-luokan kerroin

$i$  = mitattu kuormavirta

30 Kerroin  $C$  on edullisesti trip-luokan kerroin  $t_6$ , joka kertoo moottorille asetetun suurimman käynnistysajan suhteessa todelliseen moottorin käynnistysaikaan. Kerroin  $C$  voi olla esimerkiksi 1,7 (x todellinen käynnistysaika). Keksinnön ensisijaisessa suoritusmuodossa trip-luokan kerroin  $t_6$  kerrotaan vakioilla, edullisesti 29.5, tai lasketaan kaavalla  $(1/k) * T_e * (I_a/I_n)^2$ , missä  $I_a$  = käynnistysvirta,  $I_n$  = nimellisvirta,  $T_e$  = sallittu käynnistysaika ja  $k$  = vakio. Vakio  $k$  =

35

1,22, kun halutaan vastaava toiminta-aikakäyrästä kuin trip luokan ja t6 ajan yhdistelmällä (IEC 60947-4-1 vaatimusten mukaiset toiminta-ajat). Mitattu virta skaalataan edullisesti yksikköarvoksi alueelle 0 - Y, missä Y edustaa Y/100 % nimellisvirrasta ja edullisesti Y=65000, jolloin laskenta on riippumaton todelli-

5 sesta virta-alueesta.

Tarkastellaan esimerkkinä 32-bittistä kiinteän pilkun aritmetiikkaa. Keksinnön mukaisesti yllä kuvattu termisen kuormituksen laskeva matemaattinen yhtälö tai algoritmi operandeineen ohjelmoidaan 32-bittistä kiinteän pilkun metiikkaa käyttävälle prosessorijärjestelmälle sopivaksi siten, tulos tai välitulos

10 eivät ohjelmaa prosessorijärjestelmässä ajettaessa koskaan ylitä 32-bittistä arvoa.

Esimerkki tällä tavoin strukturoidusta ja skaalatusta laskentayhtälöstä ohjelmoidusta on

$$\begin{aligned} \text{thRes} = & ((\Delta T * (i^2 / C) + \text{ROUNDING}) / \text{MSEC}) \\ & + (((((\text{MSEC} * \text{SCALING}) - ((\Delta T * \text{SCALING}) / (R * C))) / \text{SPART1}) * \text{th}) / \text{SPART2}) \\ & + \text{thFract} \end{aligned}$$

missä operandien arvot ovat esimerkiksi seuraavia

15 thRes = termien kuorma 0 to 200% vastaten arvoaluetta 0-24000

ROUNDING = esim. 500

MSEC = esim. 1000

SCALING = esim. 10000

SPART1 = esim. SCALING / 10

20 SPART2 = esim. SCALING / 100

thFract = edellisen laskennan thRes jaettuna vakiolla, esim. vakiolla = SCALING = 10000.

ROUNDING vastaa desimaalipyöristystä. MSEC skaalaa millisekunnit sekunneiksi. SCALING on tarkkuuden skaalaus. Termien SPART1 ja

25 SPART2 tulo edustaa aikayksikön (edullisesti millisekuntien) skaalausta, joka on jaettu kahteen osaan laskentatarkkuuden säilyttämiseksi.

Termisen kuormituksen tulos thRes on skaalauksen vuoksi liian suuri (esimerkissä alueella 0-24000) ja se skaalataan alaspäin edustamaan käytettyä termisen kuormituksen yksikköarvoa (per unit value), esimerkissä

30 alueelle 0-2,4

$$\Theta = \text{thRES} / 10000$$

Tämä osamäärä  $\Theta$  tallennetaan parametrina thFract ja sitä käytetään seuraavalla kerralla laskennassa. Laskentatarkkuus on 0-100% termisellä kuormituksella parempi kuin 0,1% termisestä kuormituksesta.

Kuvion 2 kuvaaja esittää laskettua termistä kuormitusta  $\Theta$  ajan t funktiona. Moottorin M käynnistyttyä kylmästä tilasta, se alkaa lämmetä. Samalla tavoin laskettu terminen kuormitus  $\Theta$  kasvaa ajan funktiona. Kun terminen kuormitus  $\Theta$  kasvaa tietylle asetetulle hälytystasolle Alarm\_level, ohjausyksikkö 16 voi antaa hälytyksen operaattorille esimerkiksi käyttöliittymän 12-14 tai tietoliikenneyksikön 15 kautta (vaiheet 35 ja 36 kuviossa 3). Ohjausyksikkö 16 voi myös jatkuvasti tai tietyn tason jälkeen laskea jäljellä olevan ajan laukaisuun (time-to-trip) ja ilmoittaa sen operaattorille (vaiheet 33 ja 34 kuviossa 3). Kun terminen kuormitus  $\Theta$  kasvaa tietylle asetetulle laukaisutasolle Trip (edullisesti 100% moottorin lämpökuormasta), ohjausyksikkö 16 aktivoi laukaisusignaalin TRIP, joka ohjaa kytkimen S2 auki, jolloin moottori M kytketään irti kolmivaihesyötöstä L1, L2 ja L3 (vaiheet 37 ja 38 kuviossa 3). Jos moottorin termistä kapasiteettia on laukaisun (tripping jälkeen) jälkeen jäljellä liian vähän (esim. vähemmän kuin 60%), suoja 1 voi estää uuden käynnistyksen kunnes moottori jäähtyy tietylle tasolle (restart inhibit) tai tietyn ajan (vaiheet 39 ja 40 kuviossa 3). Käynnistystä varten signaali TRIP kytketään jälleen inaktiiviseksi ja kytkin S2 suljetaan. Eräässä suoritusmuodossa operaattori voi ohjata ohjausyksikön 16 override-tilaan, jossa Trip-taso on kaksinkertainen (override Trip-taso).

Alan ammattilaiselle on ilmeistä, että tekniikan kehittyessä keksinnön perusajatus voidaan toteuttaa monin eri tavoin. Keksintö ja sen suoritusmuodot eivät siten rajoitu yllä kuvattuihin esimerkkeihin vaan ne voivat vaihdella patenttivaatimusten puitteissa.



**Patenttivaatimukset**

1. Laite sähkölaitteen, erityisesti sähkömoottorin (M), termistä yli-  
kuormitussuojausta varten, joka laite käsittää välineet (10) sähkölaitteelle (M)  
syötetyn ainakin yhden kuormavirran mittaamiseksi, välineet (16) sähkölaitteen  
5 termisen kuormituksen laskemiseksi mainitun ainakin yhden kuormavirran pe-  
rusteella sekä välineet (S2) virransyötön (L1,L2,L3) keskeyttämiseksi, kun ter-  
minen kuormitus saavuttaa tietyn kynnystason, t u n n e t t u siitä, että mainitut  
välineet (16) sähkölaitteen termisen kuormituksen laskemiseksi käsittävät X-  
bittistä, edullisesti  $X=32$ , kiinteän pilkun aritmetiikkaa käyttävän prosessorijär-  
10 jestelmän, joka sisältää välineet mitatun virran skaalaamiseksi yksikköarvoksi  
alueelle 0 - Y, missä Y edustaa Y/100 % nimellisvirrasta, ja välineet termisen  
kuorman laskemiseksi matemaattisella yhtälöllä, joka on operandeineen oh-  
jelmoitu mikroprosessorijärjestelmään siten struktruoituna, että tulos tai välitu-  
los eivät koskaan ylitä X-bittistä arvoa.

15 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että  
matemaattinen yhtälö on

$$\Theta_k = \Delta T * \frac{i^2}{C} + \left(1 - \frac{\Delta T}{R * C}\right) * \Theta_{k-1}$$

missä

$\Theta$  = terminen kuorma

20  $\Delta T$  = termisen kuorman laskentaväli

R = sähkölaitteen jäähdytyskerroin

C = trip-luokan kerroin

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että  
käytetään yhtä tai useampaa seuraavista operandien arvoista

25  $\Theta$  = 0 to 200% vastaten edullisesti arvoaluetta 0-2,4

$\Delta T$  = termisen kuorman laskentaväli millisekunneissa

R = sähkölaitteen jäähdytyskerroin alueella 1...10

C = trip-luokan kerroin

i = mitattu virta.

30 4. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen laite, t u n n e t t u siitä,  
että matemaattinen yhtälö, joka on operandeineen strukturoitu siten, että ter-  
misen kuorman laskennan tulos tai välitulos eivät koskaan ylitä 32-bittistä ar-  
voa on

```
thRes = ( (ΔT * (i2/C) + ROUNDING) / MSEC )
+ ( ( ( (MSEC * SCALING) - (ΔT * SCALING) / (R * C) ) ) / SPART1 ) * th ) / SPART2 )
+ thFract
```

missä

thRes = terminen kuorma,

ΔT = on termisen kuorman laskentaväli

R = sähkölaitteen jäähdytyskerroin

5 C = trip-luokan kerroin

i = mitattu virta skaalattuna yksikköarvoksi

ROUNDING = pyöristyskerroin

MSEC = aikayksikön skaalaus

SCALING = tarkkuuden skaalaus

10 SPART1 = osaskaalaus

SPART2 = osaskaalaus

thFract = edellisen laskennan terminen kuorma thRes jaettuna vakiolla.

15 5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että käytetään yhtä tai useampaa seuraavista operandien arvoista

thRes = 0 to 200% vastaten edullisesti arvoaluetta 0-24000

ΔT = termisen kuorman laskentaväli millisekunneissa

R = 1...10

20 i = mitattu virta skaalattuna yksikköarvoksi 0-65000, joka vastaa 0-650% nimellisvirrasta,

ROUNDING = 500

MSEC = 1000

SCALING = 10000

SPART1 = SCALING / 10

25 SPART2 = SCALING / 100

thFract = edellisen laskennan thRes jaettuna vakiolla

SCALING.

30 6. Patenttivaatimuksen 3, 4 tai 5 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että C on trip-luokan kerroin  $t_6$  kerrottuna vakiolla, edullisesti 29.5, tai laskettuna kaavalla  $(1/k) * Te * (I_a/I_n)^2$ , missä  $I_a$  = käynnistysvirta,  $I_n$  = nimellisvirta,  $Te$  = sallittu käynnistysaika ja  $k$  = vakio, edullisesti  $k = 1,22$ .

7. Menetelmä sähkölaitteen, erityisesti sähkömoottorin, termistä yli-kuormitussuojausta varten, joka menetelmä käsittää

ainakin yhden sähkölaitteelle syötetyn kuormavirran mittaamisen,

sähkölaitteen termisen kuormituksen laskemisen mainitun ainakin

5 yhden kuormavirran perusteella, ja

virransyötön keskeyttämisen sähkölaitteelta, kun terminen kuormitus saavuttaa tietyn kynnystason, t u n n e t t u siitä, että

mitattu virta skaalataan yksikköarvoksi alueelle 0 - Y, missä Y edustaa Y/100 % nimellisvirrasta,

10 sähkölaitteen terminen kuormitus lasketaan X-bittisellä, edullisesti X=32, kiinteän pilkun aritmetiikkaa käyttävällä prosessorijärjestelmällä, johon termisen kuormituksen matemaattinen yhtälö on ohjelmoitu siten strukturoituna, että tulos tai välitulos eivät koskaan ylitä X-bittistä arvoa.

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että matemaattinen yhtälö on

$$\Theta_k = \Delta T * \frac{i^2}{C} + \left(1 - \frac{\Delta T}{R * C}\right) * \Theta_{k-1}$$

missä

$\Theta$  = terminen kuorma, edullisesti 0 to 200% vastaten edullisesti arvoaluetta 0-2,4

20  $\Delta T$  = termisen kuorman laskentaväli, edullisesti millisekunneissa

R = sähkölaitteen jäähdytyskerroin, edullisesti 1... 10

C = trip-luokan kerroin

i = mitattu virta. 9. Patenttivaatimuksen 7 tai 8 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että ohjelmoitu matemaattinen yhtälö, joka on operandeineen strukturoitu siten että termisen kuorman laskennan tulos tai välitulos eivät koskaan ylitä 32-bittistä arvoa, on

$$\begin{aligned} \text{thRes} = & ((\Delta T * (i^2 / C) + \text{ROUNDING}) / \text{MSEC}) \\ & + (((((\text{MSEC} * \text{SCALING}) - ((\Delta T * \text{SCALING}) / (R * C))) / \text{SPART1}) * \text{th}) / \text{SPART2}) \\ & + \text{thFract} \end{aligned}$$

missä

thRes = terminen kuorma,

$\Delta T$  = on termisen kuorman laskentaväli

30 R = sähkölaitteen jäähdytyskerroin

C = trip-luokan kerroin

i = mitattu virta skaalattuna yksikköarvoksi

ROUNDING = pyöristyskerroin

MSEC = aikayksikön skaalaus

SCALING = tarkkuuden skaalaus

SPART1 = osaskaalaus

5 SPART2 = osaskaalaus

thFract = edellisen laskennan terminen kuorma thRes jaettuna vakiolla.

10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että käytetään yhtä tai useampaa seuraavista operandien arvoista

10 thRes = 0 to 200% vastaten edullisesti arvoaluetta 0-24000

$\Delta T$  = termisen kuorman laskentaväli millisekunneissa

R = 1...10

C = trip-luokan kerroin

15 i = mitattu virta skaalattuna yksikköarvoksi 0-65000, joka vastaa 0-650% nimellisvirrasta,

ROUNDING = 500

MSEC = 1000

SCALING = 10000

SPART1 = SCALING / 10

20 SPART2 = SCALING / 100

thFract = edellisen laskennan thRes jaettuna vakiolla

SCALING.

11. Patenttivaatimuksen 8, 9 tai 10 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että C on trip-luokan kerroin  $t_6$  kerrottuna vakiolla, edullisesti 29.5, tai laskettuna kaavalla  $(1/k) * T_e * (I_a/I_n)^2$ , missä  $I_a$  = käynnistysvirta,  $I_n$  = nimellisvirta,  $T_e$  = sallittu käynnistysaika ja k = vakio, edullisesti k = 1,22.

(Kuvio 1)

[illegible]

L5  
1/2

Fig. 1

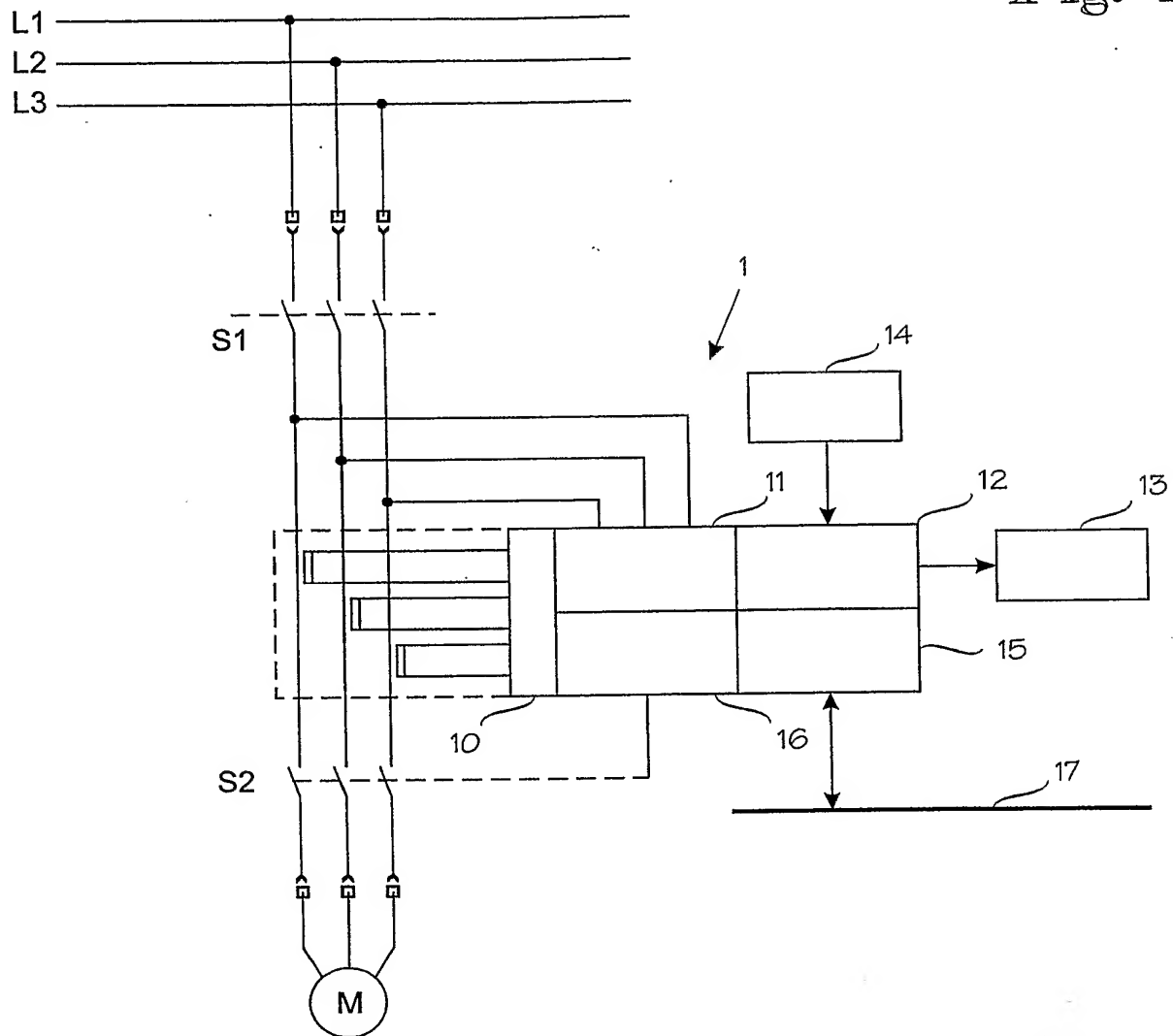


Fig. 2

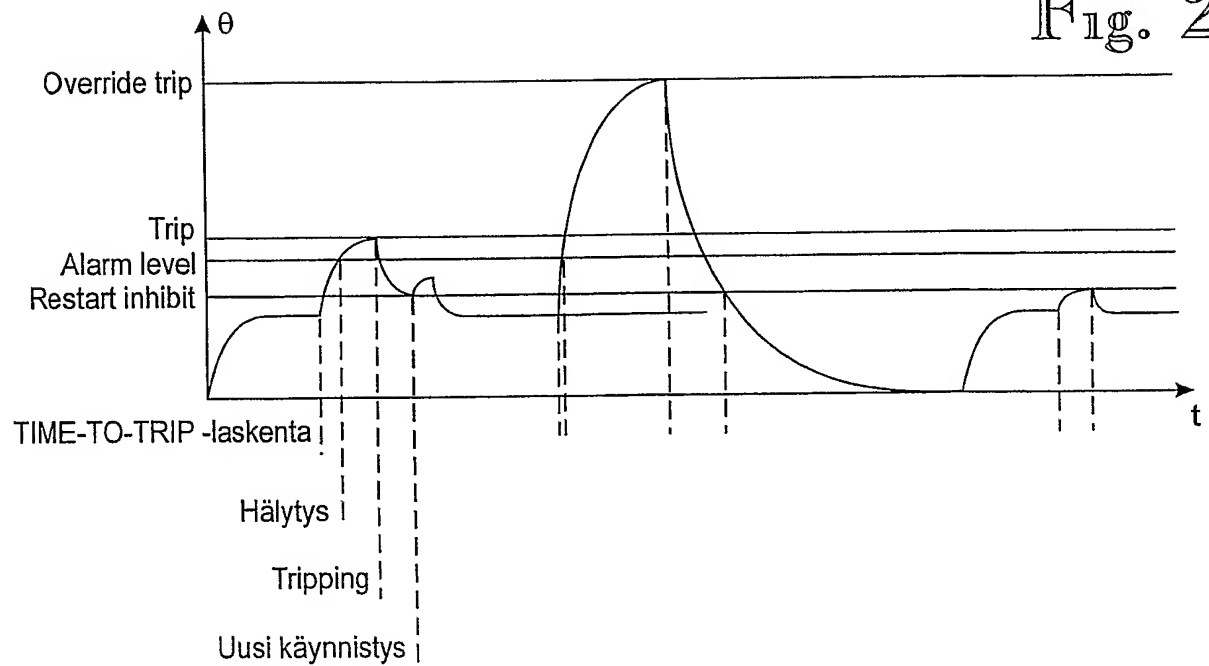


Fig. 3

